

Efek Aditiv Al_2O_3 Terhadap Struktur dan Sifat Fisis Magnet Permanen $\text{BaO} \cdot 6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$

Priyono¹⁾, Yuly Astanto¹⁾, Happy Traningsih¹⁾, Ainie Khuriati R.S²⁾

1) *Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Undip*

2) *Laboratorium Instrumentasi Jurusan Fisika Undip*

Intisari

Telah dibuat dan dianalisa pengaruh penambahan Al_2O_3 terhadap perubahan struktur dan sifat kemagnetan pada magnet permanen $\text{BaO} \cdot 6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$. Pembuatan magnet permanen dilakukan dengan metoda metalurgy serbuk untuk menghasilkan magnet yang tangguh yang dapat dimanfaatkan untuk aplikasi Industri. Struktur fasa dan ukuran butir bahan ditentukan dengan difraktometer-X, sedangkan informasi mengenai hasil pembakaran pada proses sintering diketahui melalui pengamatan fotomikro dengan perbesaran 500 kali. Kerapatan dan porositas ditentukan dengan perbandingan nilai teori dengan hasil eksperimen dan sifat ekstrinsik kemagnetan yang meliputi remanen, koersivitas dan energi produk maksimum dengan menggunakan B-H Tracer pada medan 0.5 Tesla. Hasil evaluasi sifat magnetik dan struktur menunjukkan nilai tertinggi bahan pada penambahan 0,5% Al_2O_3 yaitu dihasilkan nilai remanen 0,183 Tesla. Hasil studi temperatur recovery (Postsinter) diperoleh nilai terbaik pada 360 menit dengan kerapatan optimum 4,746 gram/cm³ atau mempunyai porositas 10,581% dengan sifat magnetik seperti koersivitas 102 kA/m dan kerapatan energi bahan 5.1 kJ/m³

Abstract

The effects of Al_2O_3 addition on the change of structure and magnetic properties change of permanent magnets $\text{BaO} \cdot 6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ has been made and analized by bulk metallurgy processes to made strength materials on Technology Application. The material structure was determined by X-ray diffraction which gave information about the phase formed and grain boundary. The study of samples homogeneity by Photo micro method with 500 times exaggerated, meanwhile the density and porosity of material determined by theoretical calculation and experiment results. The extrinsic magnetic properties which consists of remanen, coersivity and density of maximum energy product of the materials are obtained by analyzed the demagnetization curve produced by B-H Tracer equipment. The best quality of material is obtained wich 0.5% Al_2O_3 additive and 360 minutes recovery which yield 4,767 gr/cm³ density or 10,581% porosity, 102 kA/m coersivity and 5.1 kJ/m³ density of maximum energy product.

PENDAHULUAN

Magnet permanen ferrite juga dikenal sebagai magnet keramik mulai dikembangkan pada tahun 1950 dan mulai diproduksi tahun 1952 oleh Philips dengan nama produksi Ferroxdure sebagai salah satu hasil dari teori Stoner-Wohlfarth [Cullity, B.D, 1972]. Magnet ferrite yang banyak dipakai yaitu Barium Ferrite $\text{BaO} \cdot 6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ disamping $\text{SrO} \cdot 6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ dan $\text{PbO} \cdot 6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$. Magnet ferrite mempunyai sifat mekanik yang kuat dan tidak mudah terkorosi. Disamping itu magnet ferrite mempunyai koersifitas yang tinggi dengan tingkat kestabilan

terhadap pengaruh medan luar serta temperatur yang cukup baik.

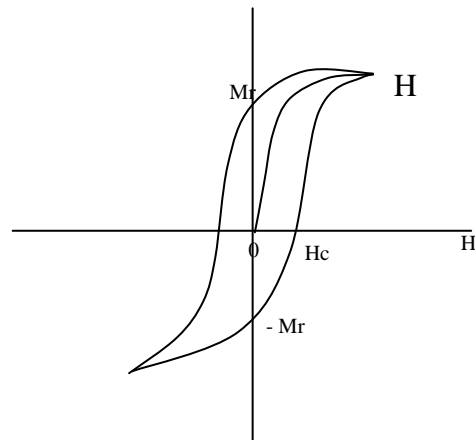
Barium hexaferrite ($\text{BaO} \cdot 6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$) memiliki struktur kristal heksagonal dengan parameter kisi $a = 5,8920 \text{ \AA}$ dan $c = 23,1830 \text{ \AA}$ (Wagiyo *et al.*, 1999) merupakan bahan magnet permanen yang banyak digunakan dalam industri seperti dibidang elektronika dan otomotif. Pembuatan magnet permanen ini dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti dengan proses sol-gel dan metalurgi serbuk. Metoda metalurgi serbuk lebih sering digunakan karena relatif ekonomis dan mudah dilakukan. Bahan $\text{BaO} \cdot 6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ mempunyai sifat mekanik yang kuat dan tidak mudah

terkorosi. Salah satu kendala yang dihadapi dari bahan ini adalah sifat mekaniknya yang keras dan Britle dan koersivitas relatif kecil sehingga menghasilkan medan yang relatif kecil. Untuk mengatasi permasalahan tersebut telah banyak dilakukan penelitian untuk meningkatkan sifat gunanya yaitu dengan penambahan bahan adiktif seperti TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 sehingga diharapkan mampu mengontrol pertumbuhan butir dan meningkatkan sifat magnet seperti koersifitas dan remanennya serta ketangguhan bahan (Smit & Wijn, 1959). Dengan penambahan Al_2O_3 diharapkan dapat mengontrol pertumbuhan butir dan meningkatkan keuletan bahan karena Alumina memiliki titik lebur yang cukup tinggi sehingga tidak merubah struktur kristal.

Terdapatnya beberapa langkah serta metode untuk membuat magnet permanen menjadi lebih baik dan unggul, maka pengujian ini hanya dibatasi pada pengaruh penambahan Al_2O_3 untuk mengetahui dan mendapatkan koersifitas, remanen dan produk energi maksimum serta konsentrasi pori yang dilihat dari perubahan densitasnya

Remanen dan Koersivitas serta Kerapatan energi Maksimum Magnet

Gambar (1) mencerminkan sifat sifat magnet secara menyeluruh yang menggambarkan medan saturasi, koersivitas dan remanen serta produk energi maksimum yang dimiliki oleh magnet permanent. Sumbu B (vertikal) yang terpotong oleh kurva menunjukkan jumlah sisa polarisasi induksi magnetik bahan ketika bahan dimagnetisasi hingga titik saturasinya M_s . Sedangkan H dari sumbu horisotal menunjukkan besarnya pembalikan medan magnet yang dibutuhkan untuk menghilangkan induksi magnetik yang biasa disebut koersivitas magnet.

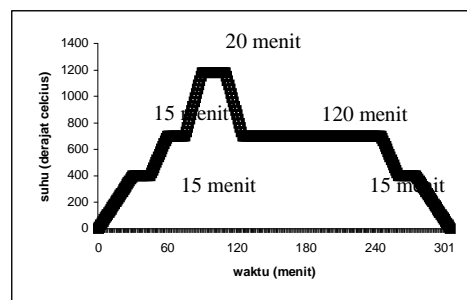


Gambar 1 Sifat Histerisis dari Magnet permanen. (culity, 1972)

Dari gambar diatas Koersivitas magnetik ditunjukkan pada titik H_c dan remanen pada Br serta produk energi maksimum diwakili oleh kurva II pada histerisisnya.

METODE PENELITIAN

Pembuatan magnet permanent diawali dengan percampuran $BaCO_3$ dengan Fe_3O_4 dan dilakukan proses kalsinasi Pada temperatur $1300^{\circ}C$ (Priyono, 1999). Selanjutnya serbuk magnet $BaO_6(Fe_2O_3)$ diaditif dengan Al_2O_3 0,5%, 1%, 1,5%.



Gambar 2. Gambaran proses sintering pada Magnet Keramik $BaO_6(Fe_2O_3)$

Sinter merupakan proses perlakuan panas pada sampel magnet yang dilakukan pada metode metalurgi serbuk dengan tujuan meningkatkan sifat-sifat mekanik. Dalam pembuatan magnet permanent temperatur sinter sangat berpengaruh

terhadap sifat magnetnya. Proses sintering dapat dilihat pada gambar 2.

Untuk analisis porositas dilakukan dengan teknik sederhana yaitu dengan membandingkan densitas teoritis terhadap densitas hasil penelitian, sedangkan struktur, perubahan fasa dan ukuran butir dianalisa dengan difraksi x merk shimadzu tipe XD-610, dengan Cu-K α (1,5418 Å) yang memakai sudut deteksi efektif 15⁰ sampai 80⁰. Untuk ukuran butir digunakan metoda pendekatan Deby-Scherer (Cullity, B.D, 1978). Sifat magnetik diuji dengan menggunakan BH tracer pada induksi 0.5 Tesla. Pada pengujian yang terakhir

ini akan didapatkan sifat sifat magnetik seperti remanent dan Koersivitas serta produk energi magsimum yang dihasilkan.

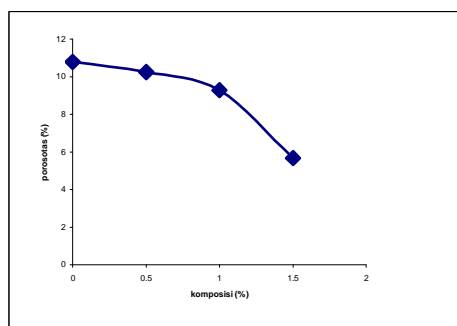
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari Tabel 1 terlihat bahwa dengan semakin besarnya kadar Alumina yang ditambahkan dan dibantu dengan proses sinter akan menurunkan kadar pori dari bahan. Hal ini dimungkinkan karena material Al₂O₃ yang mempunyai ukuran butir relatif kecil mampu menyisip diantara fragmen bahan BaO6(Fe₂O₃).

Table 1 Densitas dan porositas bahan BaO6(Fe₂O₃) dengan penambahan Al₂O₃ berbagai konsentrasi

Komposisi Al ₂ O ₃ (%)	Densitas praktek (gram/cm ³)	Porositas (%)	Desitas teori (gram/cm ³)
0,0	4,71	10,79	5,30
0,5	4,74	10,23	5,29
1,0	4,79	9,28	5,28
1,5	4,98	5,68	5,27

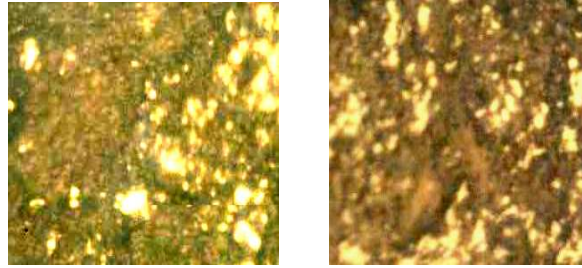
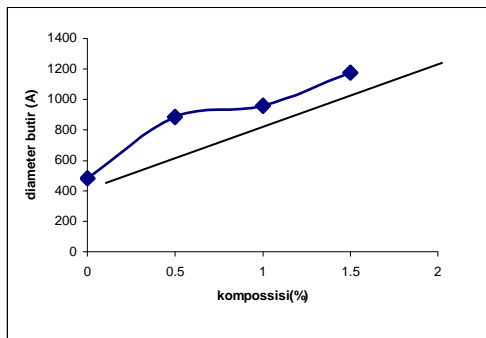
Terlalu tingginya ukuran Porositas terjadi sebagai akibat beragamnya ukuran butir (fragmen) dan dengan adanya alumina kondisi ini dapat dikontrol untuk menekan pertumbuhan pori. Dari hasil difraktogram yang telah dianalisis dengan metode Sherrer dapat diketahui bahwa penambahan komposisi alumina berdampak pada diameter ukuran butir.



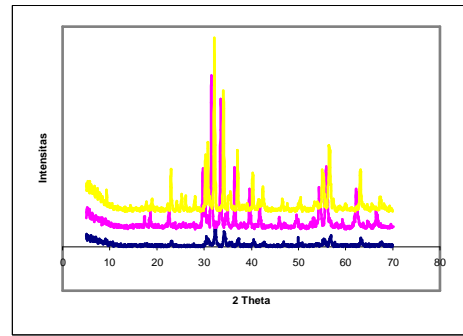
Gambar 3 pengaruh penambahan Alumina terhadap terhadap porositas

Penumbuhan butir yang relatif tinggi yang dihasilkan karena penambahan alumina secara fisis tidak diharapkan karena dengan semakin besarnya ukuran butir maka akan menurunkan nilai koersifitas magnet (Kromuller, 1990).

Suatu hal yang sangat menarik dalam penambahan Al₂O₃ 1.5 % dengan waktu sinter 1080⁰C dan post sinter 120 menit mulai terbentuknya fasa fasa baru pada 2 theta 25⁰ dan 26⁰ serta 28⁰ yang mengindikasikan penambahan Alumina mampu meningkatkan pertumbuhan butir. Karena Sifat dari alumina yang merupakan material nonmagnetic maka penambahan yang berlebihan akan memiliki dampak pada hasil sifat kemagnetannya.

Gambar 5. Stuktur Mikro masgnet BaO6(Fe₂O₃)

Gambar 4. Penambahan konsentrasi alumina terhadap ukuran butir kristal



Gambar 6 pola difraksi material magnet beraditive Alumina 0%, 1% dan 1.5 %.

Hasil uji difraksi untuk menganalisis stuktur dan fasa serta ukuran kristal telah ditunjukkan dalam gambar 6 di atas, terlihat bahwa fase didominasi oleh fase BaO6(Fe₂O₃), fase Fe₂O₃ dan fasa Al₂O₃, dari gambar additive 0% terlihat terlihat bahwa intensitas untuk semua nilai 2θ masih relatif kecil yang berarti bahwa belum terbentuk struktur polikristal namun masih didominasi oleh struktur amorf.

Sifat Megnetik bahan

Hasil uji sifat magnet bahan diuji dengan menggunakan alat BH Tracer merk Yokagawa tipe 3257 untuk menentukan berbagai sifat ekstrinsik material terutama pada nilai koersifitas dan remanent magnetic serta produk energi maksimumnya.

Dari tabel 2 dan dipresentasikan dalam gambar 7 terlihat bahwa koersivitas dan remanet magnet tertinggi dicapai pada konsentrasi aditif 0.5%,

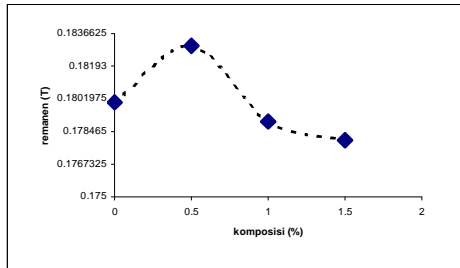
Table 2 Hasil pengujian sifat magnetik BaO6(Fe₂O₃) dengan komposisi penambahan Al₂O₃.

Komposisi Al ₂ O ₃ (%)	Koersifitas (Hc) (kA/m)	Remanen (Br) (tesla)	BH _{max} (kJ/m ³)
0%	100	0,180	4,9
0,5%	102	0,183	5,1
1%	100	0,179	4,9
1,5	101	0,178	4,9

meskipun koersivitasnya tidak cukup signifikan. Produk energi maksimum merupakan parameter ekstrinsik utama

yang harus dimiliki oleh magnet permanet telah ditunjukkan dalam table 2. Beberapa paramet yang menentukan

hasil ini disamping kedua besaran di atas, juga sangat ditentukan bentuk kurva histeresisnya.



Gambar 7. Penambahan komposisi Al_2O_3 terhadap perubahan remanen bahan $\text{BaO}_6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$

Dari kajian kurva dapat disimpulkan bahwa proses pembentukan $\text{BaO}_6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ belum sempurna, hal ini terbukti dengan bentuk kurva yang melukisnya masih banyaknya fasa fasa non magnetik atau fasa hematit yang tidak dapat dianalisis dengan sempurna karena bertumpukan dengan fasa magnetit.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Laboratorium Material, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro yang telah membantu proses sintering dan Badan Tenaga Nuklir Nasional Jakarta yang telah menguji sampel untuk karakterisasi sinar x dan PT. Summimagne Utama Cilegon untuk analisa sifat magnet.

KESIMPULAN

Dari hasil hasil yang telah dipaparkan di atas dapat disimpulkan anatar lain bahwa Penambahan Al_2O_3 sangat berpengaruh terhadap ukuran butir sehingga mempengaruhi sifat ekstrinsik bahan magnet $\text{BaO}_6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ dibandingkan tanpa aditive. Meskipun demikian penambahan hingga 1.5%

berat tidak memberi perubahan yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cullity, B.D, 1972, *Introduction to Magnetic Material*, Addison – Wesley, Publishing Company, Inc., USA
- Cullity, B.D, 1978, *Element of X- Ray Diffraction Second Edition*, Sydney, Addison-Wisley Publishing Company Inc
- Kromuller, H., 1990, *Super Magnet Permanen and Hard Magnet*, Kluver Press, Belgium
- Priyono, 1999, Efek Hibridisasi Nd-Fe-B dan $\text{BaO}_6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ Terhadap Sifat Kemagnetan Magnet Permanen Isotrop Berperekat (Tesis)
- Priyono, 2002, Analisis struktur dan sifat kemagnetan Magnet permanen isotropis $\text{BaO}_6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$: Tinjauan pada Proses Sinter: Seminar Himpunan Fisika Indonesia, UNNES Semarang
- Priyono, 2004 Studi Waktu PostSintering Terhadap Perubahan Struktur dan Sifat Magnet $\text{BaO}_6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ dengan aditif Al_2O_3 : Prosiding Seminar Kimia Anorganik XIV, Yogyakarta
- Smit & Wijn, 1959, *Physical Properties of Ferrimagnetic Oxides in Relation to Their Technical Applications*, Netherland, Philips Research
- Wagiyo, 1999, *Struktur Mikro α - Alumina Akibat Penambahan TiO_2* , Puslitbang Iptek Bahan BATAN, Jakarta
- Wibowo, A.M, 2001, *Pengaruh temperatur Sinter Terhadap Sifat Kemagnetan dan Struktur Mikro pada Pembuatan Magnet Permanen $\text{BaO}_6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ (skripsi)*, Semarang FMIPA Jurusan Fisika UNDIP

